



Instituto de Geociências

**CURSO DE ESPECIALIZACAO EM
GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL**

**Processo de Digitalização de Mapeamento Geológico em Banco de Dados de
Sistema de Informações Geográficas aplicadas a Cartografia Digital
Temática**

Patrícia Andrade Borges

ORIENTADORES: Henrique Llacer Roig

CO-ORIENTADORA: Tati Almeida

Brasília, DF

2015



Universidade de Brasília

Instituto de Geociências

**CURSO DE ESPECIALIZACAO EM
GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL**

Processo de Digitalização de Mapeamento Geológico em Banco de Dados de

Sistema de Informações Geográficas aplicado `a Cartografia Digital

Temática

Monografia de conclusão de Curso de
Especialização

Patrícia Andrade Borges

ORIENTADORES: Henrique Llacer Roig

CO-ORIENTADORA: Tati Almeida

Brasília, DF

2015



Instituto de Geociências

**Processo de Digitalização de Mapeamento Geológico em Banco de Dados de
Sistema de Informações Geográficas aplicado à Cartografia Digital
Temática**

Patrícia Andrade Borges

ORIENTADORES: Henrique Llacer Roig

CO-ORIENTADORA: Tati Almeida

Comissão Julgadora

Tati Almeida (IG/UnB)

Kássia Castro (IG/UnB)

Brasília, DF

2015

RESUMO

Geologia como uma ciência interpretativa (Frodeman R. 2010) tem em seus padrões de cartografia temática uma forma de representar aspectos geológicos do ambiente físico de uma área. A informação geológica em formato digital passa a existir através das técnicas de aplicação de vetores à dados digitais em SIG (Sistemas de Informação Geográfica). A utilização de um banco de dados geológico serve a finalidade de armazenar e gerenciar dados geológicos para a construção de mapas. A simbolização cartográfica configura a parte mais importante em mapas geológicos, portanto exige o uso padronizado de normas e padrões de representação. A sistematização de processo usado para gerar e armazenar dados geológicos atende à uma necessidade de integração de projetos de mapeamento geológico construídos em SIG a um banco de dados compartilhado. A sistematização ocorre com definição de técnicas de modelagem e organização padrão para conteúdo digitalizado, criando caminhos para o relacionamento espacial entre as classes geológicas. Este trabalho utiliza metodologia padrão para a edição de dados geológicos em banco de dados de SIG, gerando um protocolo de trabalho aplicado ao mapeamento geológico. A padronização dos métodos de modelagem e edição de dados geológicos atende à critérios de cartografia temática aplicada à Geologia. A cartografia geológica configura um universo de símbolos e estilos. Regras cartográficas padronizadas fornecem orientação para a aplicação dos símbolos às classes e subclasses de atributos geológicos.

Palavras-chave: Geologia, Manual da FGDC (Federal Geographic Committee),
Simbolização de dados geológicos, SIG.

ABSTRACT

Geology, as an interpretative science (Frodeman R. 2010), has on its thematic cartography standards a mean of representing geological aspects of the physical environment of an area. The geological information in digital format comes into existence through the techniques of applying vectors into digital data in GIS (Geographic Information Systems). The use of a geological database serves the purpose of storing and managing geological data into the construction of maps. Cartographic symbolization sets up the most important part on geological maps, therefore it demands standardized usage of norms and patterns of representation. A systematization of the process of generating and storing geological data attends to a need for integration of geological mapping projects built in GIS to a shared database. Systematization occurs with the application standard modeling and organization techniques for digitized content, setting up paths for spatial relationship of geological classes. This paper uses standard methodology for editing geological data in GIS database in order to create a scope of work for geologic mapping. The standardization of methods of modeling and editing of geological data attends to criteria for symbolization applied to geologic cartography. Geological cartography mapping symbolization sets up a universe of symbols and styles. Standardized cartographic rules provide guidance for applying symbols to classes and subclasses of geologic attributes.

Keywords: Geologic Mapping, Symbolizing Geologic Data, Mapa Geologic, FGDC (Federal Geographic Committee), and GIS.

AGRADECIMENTOS

Ao meu **Pai do Céu**, por me dar saúde e capacidade para lutar pelos meus objetivos.

A **minha família**, especialmente a minha mãe, pelo incentivo na concretização desta importante etapa em minha vida; sobretudo pelo carinho e apoio nos momentos mais difíceis.

Ao **Instituto de Geociências da Universidade de Brasília** pela disponibilização do curso de especialização em Geoprocessamento Ambiental a comunidade externa.

Aos **Docentes** que, se dedicaram em passar seus conhecimentos e propiciar a nos alunos a oportunidade de adquirir conhecimento e ampliar nossos horizontes profissionais.

Ao meu **orientador Henrique Llacer Roig**, que generosamente disponibilizou do seu tempo e conhecimento para me auxiliar na realização deste trabalho; e, sobretudo pela paciência diante das minhas limitações.

A minha **co-orientadora, Tati de Almeida**, que atenciosamente me ajudou e direcionou durante a execução do curso, e especialmente na concretização deste trabalho de monografia.

A todos os **colegas e alguns novos amigos** que estiveram comigo durante essa experiência.

A **ESRI** pela disponibilização do Pacote de ferramentas que compõem a Família ArcGis 10.x por intermédio do contrato No 2011 MLK 8733 e a **IMAGEM** pelo apoio e viabilidade da concretização do termo de uso entre o IG e a ESRI e pelo suporte aos softwares.

SÚMARIO

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

1.2 Contextualização da Pesquisa

1.2 Objetivo

2. 2. MATERIAIS E BASE DE DADOS

2.1 Mapas Geológicos da Série Histórica em Formato Analógico no acervo da UnB

2.2 Mapas Geológicos em ambientes SIG (Sistema de Informação Geográfica)

2.2.1 Escala de localização da área mapeada

2.3. Cartografia Temática

3 METODOLOGIA

3.1 Base Tecnológica

3. 3 Modelagem do Banco de Dados Geológico

3.3.1 Estrutura Vetorial

3.3.2 Classes de Dados

3.3.3 Organização dos dados

3.4 Digitalização de Projeto de Mapeamento Geológico

3.4.1 Georeferenciamento da Imagem

3.4.2 Vetorização dos Dados

3.4.3 Topologia

3.4.4 Edição e Organização dos Dados

4. SIMBOLIZAÇÃO DE DADOS GEOLÓGICOS

4.1 Padrão da CPRM

4.2 Padrão da ESRI Geology 24 K

4.2.1 Tabela da FGDC (Federal Geográfica Data Commitee)

4.2.2 Modelo ESRI *Geologic Mapping Template*

4.3 Orientação de Símbolos

5. RESULTADOS

5.1 Modelo de Banco de Dados Geológicos em SIG

5.2 Mapa do Projeto *Serra Dourada* 1974

5.3 Protocolo de Trabalho para de Digitalização de Mapa Geológico

6. CONCLUSÃO

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

FIGURA 1. TF Serra Dourada - Folha Serra da Mesa 1974.....	15.
FIGURA 2. Fluxograma de Dados Geológicos Digitais.....	18.
FIGURA 3. Modelo de Banco de Dados do Projeto.....	22.
FIGURA 4 A e B. Vetorização e Simbolização de dados.....	26.
FIGURA 5. Tabela de arquivo vetorial em ArcGIS.....	28.
FIGURA 6. Rotação de Símbolos – Maplex.....	32.
FIGURA 7. Arquivos Vetoriais Projeto <i>Serra Dourada 1974</i>	34.
FIGURA 8. Mapa Geológico <i>Projeto Serra Dourada</i>	35.
TABELA 1. Estrutura vetorial para digitalização de alguns dos principais dados geológicos em SIG	19.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I- VERSÃO SIMPLICADA E TRADUZIDA DA TABELA FGDC (FEDERAL GEOGRAPHIC DIGITAL CARTOGRAPHY)

ANEXO II – PROTOCOLO DE DIGITALIZAÇÃO DE MAPA GEOLÓGICO

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

A geologia de uma região pode ser melhor entendida quando os mapas geológicos são produzidos de forma sistematizada, permitindo a criação de um banco de dados geológicos padronizado para a integração de projetos de mapeamento. Nesse sentido, a sistematização do processo de trabalho para digitalização de mapa geológico em SIG (Sistema de Informação Geografia), facilita a padronização dos dados para o banco de dados geológicos.

A evolução das tecnologias de SIG possibilitou a geração de dados geoespaciais de forma rápida, e em grande volume, porém a integração desses dados têm sido um desafio para as instituições e pesquisadores (Cipello 2012). O CPRM (Serviço Geológico do Brasil), órgão federal responsável pelo mapeamento geológico do território nacional, dispõe de um acervo de mapas geológicos em sua biblioteca digital, o *Geobank*. Os projetos na base de dados do *Geobank* são produzidos pela própria CPRM e outros por universidades brasileiras sob contrato (CPRM 2015). Os mapeamentos geológicos abrangendo toda a extensão do território brasileiro são na escala cartográfica 1:1,000,000 (um ao milionésimo), sendo que projetos em escalas maiores, como por exemplo de escala 1:100,000 (um para cem mil), cobrem somente partes de algumas folhas topográficas do território nacional.

A digitalização de projetos de mapeamento geológico usando as tecnologias de SIG permitem a organização sistemática das feições geológicas encontradas no meio físico, de uma mesma escala cartográfica, dentro de arquivos vetoriais e tabelas de relacionamento. Tal organização de dados espaciais no meio digital, viabiliza a reconstrução dos aspectos geológicos de uma determinada região, e também facilita a integração de projetos em uma instituição.

A cartografia geológica digital tem funcionalidade de estabelecer padrões para a geração de mapas temáticos com o objetivo de representar o aspecto físico de forma bidimensional, sendo utilizada para estudo em diversos ramos da geologia, tais como a exploração mineral, paleontologia, tectonismo, sismologia, estratigrafia, geofísica, geomorfologia, geocronologia (INPE 2015). O padrão de cartografia de mapeamentos geológicos disponibilizados no *Geobank* foram usados como material de estudo para a realização deste trabalho final de conclusão do curso de especialização em Geoprocessamento Ambiental, promovido pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal de Brasília.

1.2 Contextualização da Pesquisa

Os alunos do curso de Geologia da Universidade de Brasília produzem dados geológicos de uma determinada área de estudo todos os anos como trabalho final (TF) das disciplinas de Mapeamento I e II. Os recentes esforços para organizar e armazenar esses mapas geológicos, mostraram-se trabalhosos devido à inexistência de um protocolo de digitalização de dados geológicos que atenda aos requisitos para armazenamento em um banco de dados geológico padrão. O banco de dados geológicos do IG (Instituto de Geociências) deve ser capaz de integrar dados geológicos originados da digitalização de mapas históricos ainda em formato analógico, e organização dos projetos de mapeamento geológico gerados de forma digital.

Os projetos começam com a coleta de dados em campo, e são digitalizados posteriormente utilizando os softwares de ArcGIS. Estes projetos ficam armazenados no acervo do IG (Instituto de Geociências) da Universidade de Brasília. A organização do processo de digitalização de dados geológicos em arquivos de SIG (Sistemas de Informação Geográfica), exige a criação de um processo de trabalho para direcionar a as etapas de digitalização (georeferenciamento espacial, vetorização de dados, edição da informação atribuída ao dado vetorizado). Para todos os projetos faz-se necessário a utilização de um modelo de banco de dados geológicos padrão, seguindo o modelo de armazenamento da instituição, para realizar a geração sistematizada dos arquivos de cada projeto realizado em ArcGIS.

Os projetos de mapeamento geológico executados pelos alunos das disciplinas de Mapeamento Geológico e Cartografia Digital Temática, no Instituto de Geociências da UnB, são utilizados para a obtenção de mapas das áreas estudadas. Para a geração de um mapa geológico é necessário seguir os padrões estabelecidos para executar a representação cartográfica de feições geológicas. A simbolização dos dados é executada dentro do próprio ArcGIS, através do uso de catálogos com símbolos referentes a cada tipo de dado vetorial. O processo de trabalho para mapeamento geológico deve enfatizar a necessidade de seguir o modelo de referencia da cartografia temática padrão de cartografia temática, e através de métodos que facilitem a escolha os símbolos adequados, direcionar o uso dos catálogos de símbolos já existentes para as plataformas de SIG.

1.3 Objetivo

Os dados gerados e processados neste trabalho, através da digitalização do mapa geológico *Projeto Serra Dourada 1974* da serie histórica no acervo da UnB, teve em vista os seguintes objetivos:

- Gerar um modelo de banco de dados geológicos padrão para as disciplinas de mapeamento geológico do IG (Instituto de Geociências),
- Gerar um protocolo de trabalho para digitalização de dados geológicos em SIG;
- Sistematizar o processo de simbolização de dados geológicos

2. MATERIAIS E BASE DE DADOS

O processo de mapeamento geológico digital exige conhecimento técnico em Geologia, e também das tecnologias de plataformas de SIG, como o ArcGIS, o Instituto de Geociências da UnB oferece disciplinas de Mapeamento Geológico. No contexto descrito acima, o material de estudo para o desenvolvimento deste trabalho foi adquirido a partir dos seguintes:

1. Acompanhamento do processo de geração de mapas geológicos em SIG (Sistema de Informação Geográfica) pelos alunos da aula ICDT (Introdução a Cartografia Digital Temática), e desenvolver um protocolo de trabalho para direcionar as etapas de criação de mapas geológicos digitais.

2. Analise o modelo de banco de dados geológicos utilizado para os projetos de mapeamento geológico na disciplina ICDT e também alguns projetos de mapeamentos geológicos realizados pela UnB, disponibilizados no *Geobank*, para definir a modelagem do banco de dados geológico mais adequado aos projetos da disciplina ICDT.

3. Analise de alguns mapas da serie histórica do acervo do instituto e realizar a digitalização da carta geológica *Projeto Serra Dourada 1974 – Folha Serra da Mesa SD-X-D-VI*, viabilizando a incorporação de mapas da serie histórica ao banco de dados geológicos do instituto.

4. Execução das etapas do modelo de simbolização de mapa geológico proposto pela ESRI com o objetivo de simplificar o método de simbolização de dados geológicos aplicados à cartografia temática através do uso da tabela FGDC (Federal Geographic Digital Committee).

2.1 Mapeamento Geológicos na Universidade de Brasília

No decorrer dos cinquenta anos de existência do curso de Geologia da UnB foram produzidos uma série de mapas geológicos. Desde 1978, todos os anos, alunos da disciplina de Geologia da UnB, vão a campo e produzem mapas de uma determinada área como trabalho final de curso, gerando uma extensa base de dados geológicos no acervo do Instituto de Geociências (IG). A grande maioria dos mapas da série histórica foram produzidos de forma analógica, ou seja, em mapa de papel, e precisam ser digitalizados e integrados ao banco de dados geológicos do departamento. Esses mapas são uma importante base de dados geológicos, e a digitalização, desses mapas permitem que esses dados possam ser integrados em um banco de dados geológicos juntamente com outros projetos.

O projeto executado para a geração do protocolo de digitalização de mapas geológicos nesta pesquisa foi a digitalização do mapa geológico *Projeto Serra Dourada* 1974 - Folha Serra da Mesa, SD-22-X-VI-I, produzido por docentes e discentes do Instituto de Geociências da UnB (**Figura 1**).

2.1.1 Localização e escala da área mapeada

O conhecimento da localização e escala da área mapeada é fundamental para a organização de um projeto de mapeamento geológico dentro do contexto geográfico. A carta geológica do *Projeto Serra Dourada* 1974, inserida na folha SD-22-X-VI-I e digitalizada neste trabalho, está situada na região da Serra da Mesa, localizada no estado de Goiás, Brasil. O mapa original tem escala de 1:50,000 (um para cinquenta mil).

Em relação ao tamanho da área mapeada, de acordo com o *Manual Técnico de Geologia* do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), utilizam-se cortes topográficos de maior escala, como 1:24.000 ou 1:50.000, para realização de mapeamentos geológicos mais detalhados (IBGE 1998). A viabilidade de mapeamento em superfície e sub-superfície na escala de 1:25.000 é característica recomendável para o estabelecimento de uma formação (IBGE 2008).

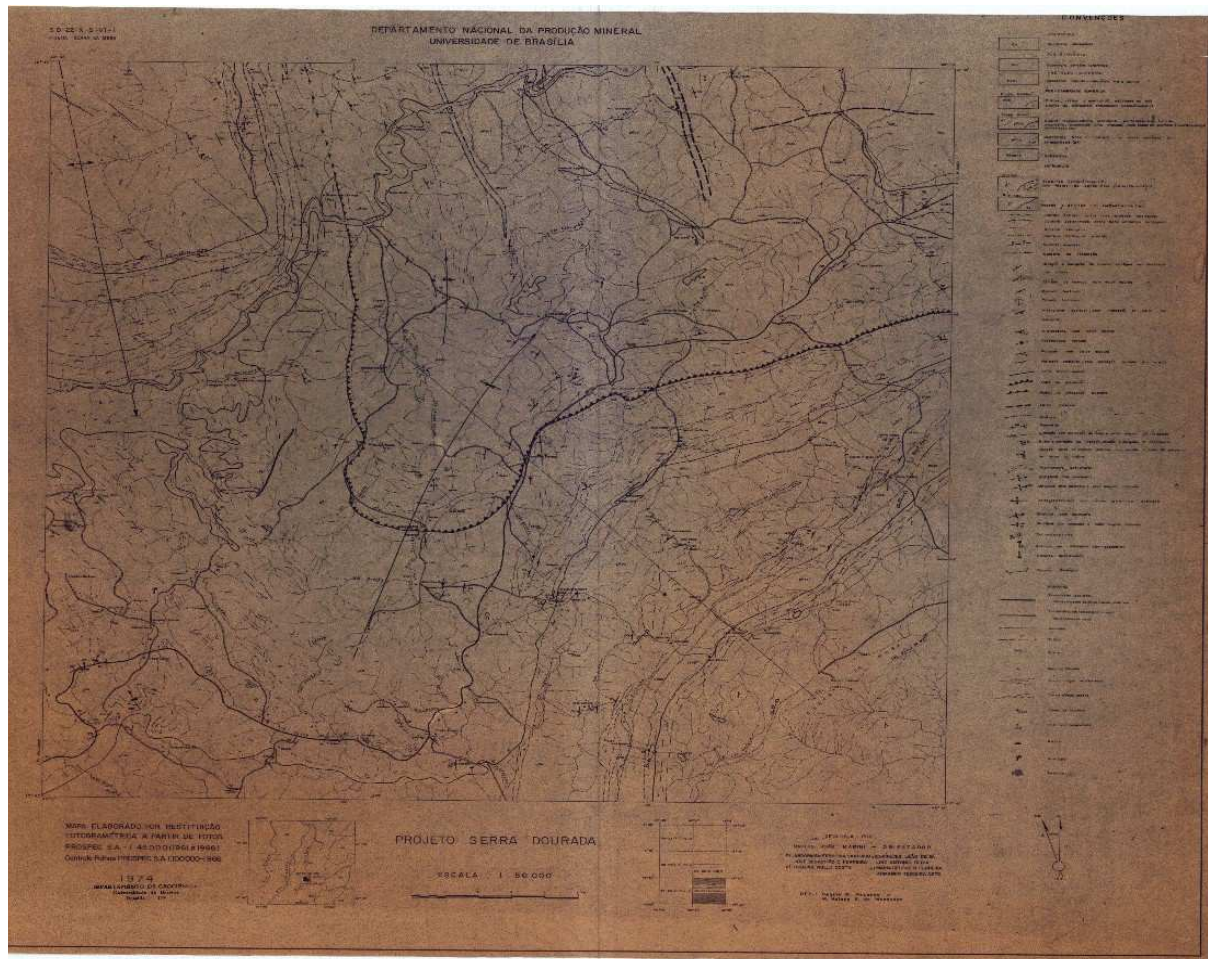


Figura 1. *Projeto Serra Dourada 1974 – Folha Serra da Mesa. Versão impressa. Acervo da Instituto de Geociências da UnB.*

2.2 Projetos de Mapeamento Geológico em SIG (Sistema de Informação Geográfica)

Um projeto de mapeamento geológico pode ser complexo e abrangente em seu conteúdo (ESRI 2015). O modelo de banco de dados geológicos usado neste projeto, abrigou dados originados da vetorização de edição do mapa geológico formato analógico, *Projeto Serra Dourada 1974*, de escala 1:50,000, Folha Serra da Mesa SD-22-X-VI-I, através da utilização das ferramentas de vetorização e edição do *ArcMap*.

Para gerar um padrão de organização de projetos de mapeamento geológico em *ArcGIS*, aplicado à disciplina ICDT (Introdução a Cartografia Digital Temática), foram analisados os mapeamentos geológicos realizados pela Universidade de Brasília e disponíveis para download

no *Geobank*. No “Mapa Índice” da *Geobank*, dentro da pasta de “Mapas geológicos executados pelas universidades”, encontram-se alguns projetos executados pela UnB para a CPRM, todos de escala 1:100,000 (um a cem mil): *Campinorte, Santa Teresinha de Goiás, Nova Roma, Cavalcanti, Porangatu, e Monte Alegre de Goiás*). Quando visualizados no *ArcMap*, os mapas formam um mosaico abrangendo áreas das cartas ao milionésimo SD-22 e SD-23.

2.3 Padrões de Cartografia Temática

Ao abrir um mapa geológico, o leitor encontra a informação geológica representada em símbolos, siglas e cores padronizados por normas de simbolização da cartografia temática. Para se definir um processo de mapeamento geológico e representar os dados de uma área, o autor utiliza normas técnicas de simbolização e nomenclatura de manuais reconhecidos pela comunidade científica, e adequados para representar os elementos geológicos do mapa (MARTINELLI 2003).

O conhecimento técnico em *Geologia* é necessário para a coleta dos dados seja feito de forma organizada e posteriormente torne-se um projeto dentro do banco de dados geológicos. Este trabalho usou o *Manual Técnico de Geologia* do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), para analisar as técnicas de representação do meio físico e assim definir os padrões de organização da informação geológica, como os níveis hierárquicos das classes e subclasses de atributos encontrados em mapas geológicos (IBGE 1998).

A simbolização cartográfica de atributos geológicos, antes feita manualmente, é hoje realizada automaticamente dentro das plataformas de SIG (Sistemas de Informação Geográfica). O *ArcMap* dispõe de ferramentas tecnológicas de armazenamento que possibilitam a cartografia temática ser aplicada e armazenada em arquivos vetoriais. A ESRI tem armazenado em sua plataforma o padrão de simbolização estabelecida pelo FGDC (Federal Geográfica Data Committee) graficamente disponível para o usuário. A FGDC é um comitê federal criado nos Estados Unidos para que, de forma colaborativa, estabelecessem um padrão de simbologia para dados geográficos (USGS 2015).

A ESRI utilizou o padrão de simbolização cartográfica da FDGC e criou o catálogo de símbolos geológicos *Geology 24K* para o *ArcMap*. O catálogo permite a execução a simbolização de atributos geológicos com os símbolos usado no padrão de cartografia geológica, e sem a necessidade de extenso trabalho gráfico por parte do usuário. O método para simbolização de dados geológicos de forma automatizada, com o uso da FGDC em ArcGIS,

através do método mapeamento geológico proposto pela *ESRI Geologic Mapping Template*, foi testada como parte importante na geração de um processo de trabalho para digitalização de mapa geológico em ArcGIS.

3. METODOLOGIA

3.1 Base Tecnológica

As etapas deste trabalho foram executadas nos softwares *ArcMap* e *ArcCatalog*, da plataforma ArcGIS, através da licença de categoria “ArcGIS Advanced Desktop (Single User)”. Os dados geológicos da carta *Projeto Serra Dourada 1974- Folha Serra da Mesa* foram digitalizados, editados, e representados por convenções cartográficas. O modelo de banco de dados geológicos usado neste projeto, abrigou dados originados da vetorização de edição do mapa geológico formato analógico, *Projeto Serra Dourada 1974*, de escala 1:50,000, Folha Serra da Mesa, SD-22-X-VI-I.

Atualmente o Instituto de geociências busca sistematizar a geração de dados geológicos para viabilizar o armazenamento desses arquivos em um banco de dados padrão, contendo todos os projetos de mapeamento geológico realizados no instituto. A figura 2 mostra as etapas envolvidas no processo de geração e armazenamento de projetos. Os dados gerados em SIG, originados da digitalização do *Projeto Serra Dourada 1974*, posteriormente poderão ser armazenados no banco de dados geológicos da instituição, o BDGEO.

O modelo de banco de dados geológicos neste projeto, foi desenvolvido para a digitalização do mapa geológico formato analógico, *Projeto Serra Dourada 1974*, de escala 1:50,000, Folha Serra da Mesa, SD-22-X-VI-I.

Os dados de um projeto desenvolvido em SIG são aptos a serem transferidos para um banco de dados externo, através de uma conexão entre um servidor do banco de dados externo e a plataforma SIG. Um banco de dados geológicos para os projetos do IG (Instituto de Geociências), o BDGEO, atualmente em estágio de construção e aprimoramento, visa possibilitar os armazenamento de todos os projetos de mapeamentos geológicos realizados no instituto (**Fig. 2**).



Figura 2. Fluxograma do processo idealizado para geração e armazenamento de dados geológicos em SIG no Instituto de Geociências.

3.2 Modelagem de Banco de Dados Geológicos

O banco de dados geológicos em SIG armazena e relaciona diversos tipos de dados espaciais, como os vetoriais *shapefiles*, tabelas de relacionamento, e matriciais como os *rasters* (ESRI 2015). Para organizar a informação dos dados geológicos dentro do *Projeto Serra Dourada 1974*, analisaram-se os arquivos vetoriais das classes de dados dos projetos de mapeamentos geológicos em SIG no *Geobank*, e também um modelo de banco de dados geológico já adotado como “modelo” na disciplina de ICDT (Introdução a Cartografia Digital Temática) da UnB, para a geração de um modelo de banco de dados.

O *Geodatabase*, banco de dados gerado no ArcGIS, armazena as classes de um projeto em um tipo de compartimento, o *Feature Dataset*, com as coordenadas e nome do projeto. Dentro do compartimento *Feature Dataset* semente são armazenadas as *Feature Classes*. Estes últimos são arquivos de formato *shapefile*, com a funcionalidade de armazenar a informação vetorial e também a descritiva dos dados, dentro do banco de dados através de tabelas chamadas “Tabela de Atributos”. Outros tipos de arquivos como *rasters* e tabelas relacionais, são armazenadas dentro do banco de dados, mas fora do compartimento de dados vetoriais *Feature Dataset*.

A modelagem do banco de dados geológicos para a digitalização do projeto *Serra Dourada* 1974, executada no *ArcCatalog*, foi baseada na análise de projetos similares existentes na base de dados da CPRM e da ESRI.

3.2.1 Representação do meio físico através de dados vetoriais

Os dados geológicos em ambientes de SIG têm função representar a Geologia da superfície mapeada através do uso dos elementos básicos da estrutura vetorial: pontos, linhas e polígonos (INPE 2015).

O atributo do tipo linha delimita os contatos entre as unidades geológicas, ou seja, separa áreas com características geológicas diferentes. As estruturas encontradas na superfície em formato linear, tais como falhas e dobras, também são vetorizadas através de linhas. As estruturas podem representar contato entre áreas diferentes ou simplesmente representar uma feição geológica inserida dentro uma área.

O atributo do polígono determina a geometria de áreas com características comuns, como unidades geológicas de rochas.

A tabela 1 mostra a estrutura vetorial dos principais dados geológicos utilizados para projetos de mapeamento em SIG.

Tabela 1. Estrutura vetorial para digitalização de alguns dos principais dados geológicos em SIG.

Tipo Ponto	
Classe	Exemplo
Afloramentos	Localização tipo de camada de rocha na superfície terrestre e atributos (lineação, foliação, e inclinação dos minerais da rocha).
Feições geológicas	Localização de feições como pegmatitos, vulcões, cavernas, crateras.
Unidades geológicas	Ponto para inserção da sigla das unidades geológicas (polígonos).
Fosseis	Localização de fóssil ou acessórios.
Recursos Minerais	Localização de recurso mineral na superfície ou abaixo dela (minas e poços)
Feições sedimentares	Dunas.

Tipo Linha	
Classe de Dados	Exemplo
Contato entre diferentes unidades/grupos/províncias geológicas	Traçado de mudança entre unidades geológicas.
Estruturas geológicas lineares	Falhas, dobramentos, anticlinais, fraturas, sinclinais, lineamentos, anti-formais, sinformais.
Bordas	Delineamento de bordas cartográficas, geográficas e/ou geofísicas do mapa.
Tipo Polígono	
Classe	Exemplo
Áreas contínuas na superfície geradas por unidades/ formações/ grupos/ províncias geológicas	Delineamento espacial dos limites das camadas geológicas na superfície terrestre.
Corpos d' água	Delimitação de corpos d' águas na superfície terrestre.

3.2.2 Principais classes de dados para mapeamento geológico

A modelagem de banco de dados geológicos segue um modelo conceitual gerado a partir da definição da hierarquia das entidades de classes bem como as relações espaciais entre classes e objetos (Cipello 2012). Em coleta de campo, dados das rochas são agrupados na classe “afloramentos”, por exemplo. Dentro da classe afloramentos, podem ser coletados diversos pontos de rochas em uma mesma área, ou unidade geológica, e ainda assim cada ponto estará dentro da classe “afloramentos”.

O agrupamento dos dados em classes em arquivos de SIG têm a funcionalidade armazenar e relacionar a informação vetorial e descritiva dos dados através da “Tabela de Atributos”. Os campos da tabela de uma classe dos dados no mapeamento geológico seguem o padrão característico de descrição e representação dos atributos de cada classe no meio físico, podendo diferenciar ou ser adaptado para atender ao nível de detalhamento do projeto em questão. Alguns campos são definidos como principais, ou classes, e outros como opcionais para cada classe.

Os projetos executados pela Universidade de Brasília disponíveis no *Geobank*, da CPRM, contêm a informação geológica da área mapeada em principais classes de atributos geológicos: “afloramentos”, “litotipos”, “estruturas_e_contatos”, e “recursos minerais”.

As principais classes de atributos geológicos usados no mapeamento geológico da disciplina de ICDT (Introdução a Cartografia Digital Temática) são **“afloramentos”, “estruturas e contatos”, “unidades geológicas”, e “acamamentos”**, configurando a uma forma mais simplificada de um mapeamento geológico.

O resultado da comparação entre as classes de dados de ambas as fontes resultou na definição de três (3) classes principais de dados a serem usadas para a geração e armazenamento dos dados geológicos do Projeto Serra Dourada 1974 em SIG: **“afloramentos”, “estruturas_contatos” e “litotipos”**.

A classe de linhas “Estruturas_e_Contatos”, tem o subtipo de confiabilidade seguinte: definido, aproximado, inferido, coberto. A tabela de atributos foi editada através da descrição da legenda e identificação dos símbolos usados.

Após definidas as classes de dados para o *Projeto Serra Dourada 1974*, foi criado um banco de dados geológicos “Geologia_Modelo”, e dentro dele um *Feature Dataset* de nome “Serra_Dourada1974”, com as três (3) classes principais dados **“Afloramentos”, “Estruturas_e_Contatos” e “Litotipos”**.

No processo de modelagem do banco de dados, os campos das tabelas são definidos de acordo com a necessidade do projeto, mas alguns campos específicos são necessários para armazenar os dados de uma determinada classe geológica. Para este trabalho, os nomes de alguns campos foram abreviados para facilitar a visualização da tabela. Os principais campos das classes usadas no projeto Serra Dourada 1974 são considerados característicos em mapeamentos da disciplina ICDT, e também nos projetos de mapeamento do *Geobank*. O presente trabalho considerou os campos principais e os utilizou na modela do banco de dados Geologia_Modelo, como ilustrado na figura 3.

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
ESTRUTURA	Text
CONFIABIL	Text
FGDC_CODIG	Text
TIPO	Text
SHAPE_Length	Double

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
PONTO_ID	Text
SENTIDO_CAM_1	Short Integer
MERGULHO_1	Short Integer
TIPO	Text
LONGITUDE	Text
LATITUDE	Text
NOTAS	Text
SHAPE_Length	Double
SHAPE_Area	Double

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
SIGLA_UND	Text
GRUPO	Text
FORMACAO	Text
UNIDADE	Text
IDADE	Text
FACES	Text
LATITUDE	Text
LONGITUDE	Text
NOTAS	Text

Figura 3. Modelo do banco de dados geologicos “Geologia_Modelo” com os campos característicos para a classes de dados do projeto.

3.3 Digitalização de dados do Mapa Geológico

As principais fontes de dados em mapeamentos geológicos são os levantamentos de campo, a digitalização de mapas usando imagens, ou a partir da classificação automática de imagens de satélite. Os dados de um mapeamento geológico podem ser originados dos pontos de coleta em trabalho de campo, ou gerados por vetorização de imagem. Os mapas geológicos em imagens de papel são uma base de dados geológicos em forma analógica, armazenando a informação geológica através da cartografia geológica temática. Este trabalho executou os

procedimentos de vetorização de imagem para digitalizar os dados do *Projeto Serra Dourada 1974* em ArcGIS.

A digitalização é um processo que permite converter dados espaciais do meio analógico para o meio digital permitindo a realização das operações típicas de análise espacial (INPE 2015). A metodologia da coleta de dados em campo usada durante o mapeamento geológico por alunos da disciplina ICDT, observada para este trabalho, baseia-se organização dos dados por pontos de coleta marcados por coordenadas geográficas. Os dados coletados através de pontos de observação ao longo da área mapeada, são agrupados por classes de atributos em uma caderneta de campo e marcados por número de ponto. A projeção dos pontos de coleta em SIG permite que a informação geológica da área mapeada seja localizada na superfície georeferenciada da área mapeada.

O sensoriamento remoto do ambiente permite o mapeamento da superfície terrestre através de imagens de satélites obtidas por sensores ópticos e termais (Meneses et. al, 2009). Estas imagens de satélite são usadas em SIG para a visualização da superfície terrestre de baixa resolução espacial - como no caso das imagens de satélite *Landsat*. Através das tecnologias das plataformas SIG tornou-se possível a utilização de imagens de sensoriamento remoto para geração de arquivos vetoriais.

Os mapas geológicos em imagens de papel são bases de dados geológicos em forma analógica, e armazenam informação geológica através da cartografia geológica temática. Este trabalho executou os procedimentos de vetorização de imagem para digitalizar os dados do *Projeto Serra Dourada 1974* em ArcGIS.

3.3.1 Georeferenciamento da imagem

A definição do sistema de coordenadas para a referência geográfica do projeto foi feita antes de iniciar a digitalização do projeto em SIG. Na imagem do mapa histórico digitalizado neste trabalho, não constava o *da Tum* utilizado originalmente na coleta dos dados, sendo assim com base na data de realização do projeto, optou-se pelo uso do SAD 69,

Observou-se que para os mapeamentos geológicos executados pelos alunos da disciplina ICDT (Introdução a Cartografia Digital Temática), foram usadas imagens de *Landsat 7* das áreas mapeadas para realizar o georeferenciamento dos dados coletados em campo, através da marcação de pontos de referência como estradas ou feições geológicas.

O georeferenciamento do mapa *Projeto Serra Dourada* foi executado através da técnica de inserção de pontos de controle na imagem. Após a escolha do sistema de coordenadas, para este projeto foi usado o SAD 69, a ferramenta “Georeferencing” do *ArcMap* permitiu a inserção das coordenadas geográficas de longitude e latitude encontradas na borda da imagem da carta topográfica como pontos de controle. Os pontos encontrados na borda da carta foram convertidos em graus, minutos e segundos, para graus decimais, o que julgou-se mais adequado devido ao melhor a escala do mapa. Os quatro (4) pontos de controle foram inseridos, um em cada borda do mapa, e salvos no mapa através do uso da ferramenta do “Rectify”:

Ponto 1. Borda superior direita - 48.50 longitude e 13.50 latitude.

Ponto 2. Borda inferior direita - 48.50 longitude e 13.75 latitude.

Ponto 3. Borda superior esquerda - 48.25 longitude e 13.50 latitude.

Ponto 4. Borda inferior esquerda – 48.25 longitude e 13. 75 latitude.

3.3.2 Vetorização e edição de dados

Após efetuado o georeferenciamento da imagem do mapa *Projeto Serra Dourada*, o mesmo foi digitalizado manualmente, com do uso do cursor, para demarcar os pontos e linhas de cada uma das classes de atributos do mapa.: **“Contatos e Estruturas” (linhas)**, **“Afloramentos” (pontos)**, e **“Litos” (pontos)**. As ferramentas de edição do *ArcMap* foram utilizadas nesta etapa..

O processo de edição de vetores consiste inicialmente em digitalizar linhas, corrigir ou ajustar os nós, para então constituir polígonos (INPE 2015). As estruturas e contatos em forma de linhas no mapa foram vetorizados manualmente através da delineação das linhas do mapa com inserção de vértices e arcos usando o cursor. Durante essa etapa do processo de digitação, foi necessário ajustar o zoom da imagem de acordo a obter a localização geográfica mais precisa e fiel possível dos dados geológicos do mapa original. das classes **“Estrutura_e_Contatos”** foram vetorizados, e tiveram sua informação inserida nos campos da “tabela de atributos” da classe, através da classificação do dado por tipo de estrutura e descrição. Os atributos de linha do mapa foram categorizados por tipos de “Estruturas_e_Contatos”, “falhas”, “dobras”, “juntas e lineamentos”, e classificados quanto `a confiabilidade: definido ou observado, aproximado, inferido ou encoberto. Por exemplo: falha/ de empurrão/ definida.

Os pontos da classe de dados “**Afloramentos**” foram inseridos usando os símbolos dentro da imagem do mapa. A informação descritiva contida na legenda foi usada para ajudar a identificar o tipo de afloramento e sua descrição. Os dados foram classificados em relação ao tipo de afloramento, sentido da camada, sentido da lineação, sentido da foliação, mergulho da camada, mergulho da foliação.

4.3.4 Edição da informação descritiva dos dados

A informação geológica encontrada nas convenções e legenda do mapa *Projeto Serra Dourada 1974*, foi utilizada para editar a informação dos atributos das classes dentro das “Tabela de Atributos” dos arquivos dessas classes em SIG. Para descrever os atributos de maneira coerente com as características da informação geológica de cada classe dentro do banco de dados, atualizou-se os dados do mapa histórico. Durante a digitalização dos dados do mapa histórico *Projeto Serra Dourada*, produzido em 1974, houve a necessidade de adaptar os dados ao padrão usado para cartografia digital.

Os pontos da classe de dados “Afloramentos” foram adaptados para o uso da simbolização cartográfica dos atributos. Os símbolos dos afloramentos estavam orientados em ângulos de azimute em relação ao norte geográfico, mas não indicavam os valores do ângulo de rotação de forma numérica. Para obter os valores e inseri-los no campo “sentido_camada”, usou-se a versão impressa do mapa a fim de medir os ângulos de orientação dos pontos em azimute, manualmente. O valor do ângulo em relação ao norte geográfico é usado para realizar a rotação do símbolo no processo de simbolização da feição geológica.

O valor da atitude, ou mergulho, do ponto de acamamento ou afloramento de rocha, ou da foliação presente na rocha, não pode ser representado graficamente através da rotação do símbolo. Devido aos mesmos serem ângulos de inclinação, os ângulos de mergulho são representados no mapa através de etiquetas, *labels*. Na existência de mais de um valor para o mesmo campo, por exemplo valores de múltiplos pontos de inclinação e orientação de uma camada em um mesmo ponto de afloramento, faz-se a diferenciação através da inserção de novos campos com adição de números junto ao nome do campo para efeito de diferenciação na tabela da classe, como por exemplo: “sentido_camada1”, “sentido_camada2”.

A classe “**Litotipos**” teve sua vetorização feita através da inserção de pontos de localização das siglas das unidades cronológicas do mapa-imagem. As convenções da legenda contém a informação das unidades geológicas na superfície do mapa. A informação inserida na

“Tabela de Atributos” para cada sigla vetorizada em forma de ponto da classe “Siglas” são usadas para a classificação e atribuição de siglas ou “labels” nas áreas de unidades geológicas da classe “Litotipos”, polígonos gerados pelo fechamento das linhas do mapa.

As **figuras 4 A e 4 B** mostram a execução da etapa de vetorização manual de classes de dados.

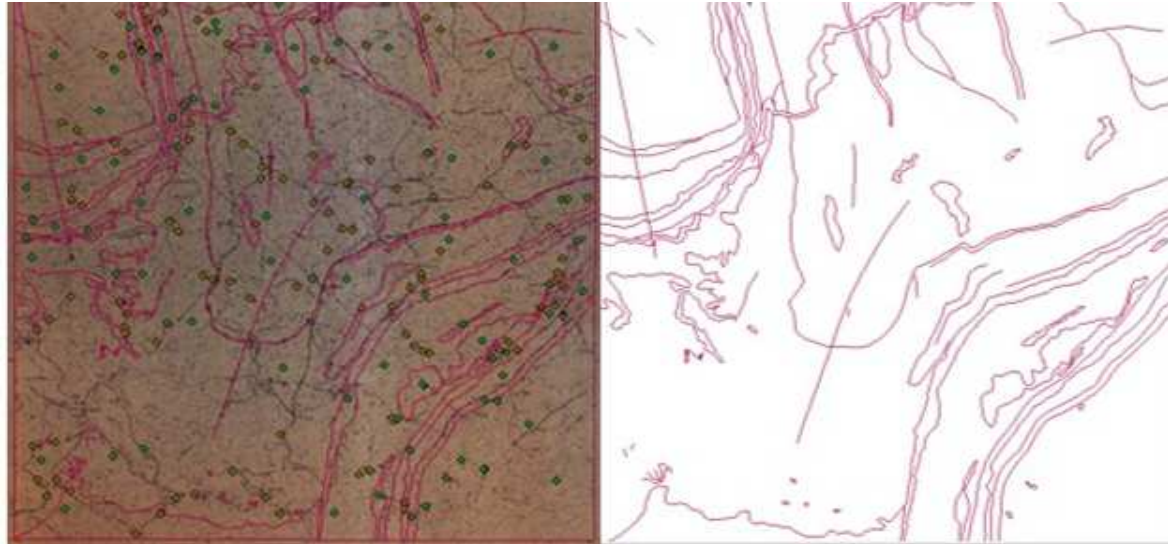


Figura 4 A. Vetorização dos pontos de afloramento. **B.** Vetorização das linhas de contatos e estruturas.

3.3.4 Correção da Topologia

Assim como no meio físico, os objetos e classes em meio digital também necessitam estar geograficamente relacionadas entre si (INPE 2015). O arquivo com as regras de topologia, “Topology” exercem a função de encontrar erros na relação espacial das classes de dados vetoriais que prejudicam a integridade e conectividade dos mesmos em um contexto geoespacial, como por exemplo “buracos”, ou sobreposição entre polígonos (INPE 2015).

As oito (8) regras de topologia foram geradas para corrigir os erros de conectividade das linhas do projeto:

1. Não deve haver interseções entre os polígonos).
2. Não deve haver fendas entre os polígonos).
3. Não deve haver interseções entre os polígonos de uma layer com os da outra).
4. A área de uma layer deve sobrepor a área de outra layer).
5. Deve haver a sobreposição mútua entre a área de uma layer e a área de outra layer).
6. A área de uma layer deve estar contida na área de outra layer);
7. Os limites de uma área de uma layer devem estar contidos nos limites de uma linha de outra layer).

8. Uma área de uma layer de polígonos deve conter pelo menos um ponto de uma layer de pontos (ESRI website 2015).

Após realizada a vetorização manual das linhas de estruturas e contatos geológicos do mapa *Projeto Serra Dourada 1974* foi gerado o arquivo de topologia para corrigir os erros topológicos gerados durante a vetorização do arquivo da classe “Estruturas_e_Contatos”.

Vários erros foram encontrados no arquivo como erros de intercepção, conectividade, e sobreposição de linhas. Os erros foram corrigidos manualmente através do uso dos recursos de edição como “Merge”, “Split”, “Extend”, “Snap”, usando a imagem do mapa de fundo como referência das relações espaciais entre os dados vetorizados.

Ao final da correção de erros topológicos das linhas de contato, foi usada a ferramenta “Feature to Polygon” para gerar as áreas fechadas ou unidades geológicas da superfície; onde os limites entre as mesmas são delimitados pelas linhas de contato da classe “Estruturas_e_Contatos”. A simbolização das unidades geológicas dentro do mapa tem vetorização própria, ou seja, os pontos com siglas encontrados na imagem do mapa, e vetorizados na classe “Siglas” na etapa de vetorização, foram selecionados nesta etapa como *labels* da nova classe de polígonos nomeada, “Litotipos”. Esta classe representa dos tipos de unidades, formações ou grupos, onde cada polígono uma unidade geológica do mapa. A ferramenta “Smooth” foi usada para suavizar as linhas dos polígonos gerados.

4. SIMBOLIZAÇÃO DE DADOS GEOLOGICOS

A simbolização cartográfica dos dados geológicos representa a parte mais importante na cartografia temática. No Brasil existe o padrão de cartografia geológica da CPRM contem os estilos de simbologia aplicados à Geologia. O arquivo “Biblioteca de Fontes” encontra-se disponível para download no *Geobank*, e foi baixado para executar a simbolização dos polígonos do arquivo “Litotipos”.

4.1 Padrão da CPRM

As áreas geológicas do arquivo “Litotipos” foram simbolizadas no padrão adequado às normas e padrões de classificação cronológica das camadas de rochas do território brasileiro. Para isso foi executado o download do arquivo “Biblioteca de Fontes”, no website do *Geobank*, e anexado através da ferramenta “Style Manager”, ao *ArcMap* como estilo de referência para uso neste projeto.

Devido as mudanças na nomenclatura da estratigrafia cronológica no decorrer dos anos, houveram divergências entre as siglas das unidades geológicas no mapa histórico de 1974, usado neste projeto, e a nomenclatura atual. As siglas foram adaptadas usando o arquivo “Bibliotecas de Fontes e Styles” da CPRM. A sigla da era Pré-cambriana, por exemplo, antes era representada pelo símbolo *pC*, foi adaptada para a nomenclatura atual NP (Neoproterozóica).

A simbolização das unidades geológicas ou rochas foi executada através das siglas e cores encontradas no padrão da “Biblioteca e Fontes”. Algumas unidades presentes no mapa *Projeto Serra Dourada 1974* não foram encontradas na biblioteca da base de dados da CPRM. Essas classes foram simbolizadas de acordo com sua idade geológica. O padrão de estilos de simbolização de dados geológicos da CPRM foi usado como referência para simbolizar as unidades geológicas no mapa através dos pontos do arquivo “Litotipos”.

4.2 Padrão da ESRI: *Geology 24k*

Para facilitar a confecção de mapas geológicos, o *ArcMap* possui um estilo de simbologia padrão aplicada à Geologia, o estilo de referência *Geology 24K*. O catálogo de símbolos geológicos da *Geólogo 24K*, disponibiliza dos símbolos padrão da cartografia geológica definidos pela FGDC (Federal Geográfica Data Committee). O software permite ao usuário utilizar de símbolos existentes no catálogo para qualquer a tipo de atributo geológico, ou criar novos símbolos.

4.2.1 Uso da Tabela da FGDC (Federal Geographic Data Committee)

O manual da FGDC traz uma classificação e subclassificação de classes de dados geológicos utilizando números. Devido a grande quantidade de tipos de dados geológicos, o uso de códigos sistematiza a simbolização dos dados dentro do *ArcMap*.

O modelo de banco de dados do projeto foi adaptado para realizar a simbolização automatizada de dados geológicos proposto em *ESRI Geologic Mapping Template*, e testado para executar a simbolização de dados do projeto *Serra Dourada 1974*, digitalizado neste trabalho.

A tabela de referência *FGDC Lookup Table* foi criada para o método de mapeamento geológico da *ESRI Geologic Mapping Template*, e contem os códigos de referência utilizados para executar a simbolização automatizada das classes de dados no estilo de referência catálogo *Geology 24K*. Para testar o método de simbolização utilizando a tabela *FGDC Lookup Table*,

um novo campo foi inserido nas tabelas de atributo das classes de dados do *Projeto Serra Dourada 1974*, o campo FGDCRefNo (número de referência da tabela FGDC). O campo foi preenchido com o código de referencia correspondente através da descrição do tipo e subtipo referente ao dado. Constatou-se que o uso da nomenclatura em inglês, FGDCRefNO facilita ao software identificar e mostrar o símbolo adequado dentro do catalogo *Geology 24 K*.

A classes de dados “Estruturas_e_Contatos”, por exemplo, tem código de referencia (1), do tipo simples (1), e com a confiabilidade “definida” (1), tem o número de referência “1.1.1”. O mesmo contato (1), de tipo simples (1), e confiabilidade “aproximado” (2), tem número de referência “1.1.3” na tabela de simbolização. F

Para agregar a tabela FGDC ao modelo de banco de dados proposto neste trabalho, as principais classes e subclasses de feições geológicas na tabela foram traduzidas de Inglês para Português, e os outros campos da tabela foram mantidos em Inglês. Os dados digitalizados do projeto das classes “Estruturas_e_Contatos” e “Afloramentos” foram simbolizados através do uso da codificação de referência da FGDC, e do catalogo da *Geólogo 24K*.

Os dados da classe “Estruturas_e_Contatos” foram editados e agrupados por tipos de estrutura e confiabilidade (**Fig. 5**). A subclassificação dos dados geológicos em SIG divide as superclasses como “Estruturas_e_Contatos”, facilitando a executar da simbolizacao dos dados e montagem do mapa geologico.

Table				
CONTATOS				
OBJECTID *	SHAPE *	ESTRUTURA	CONFIABILIDADE	FGDC_CODIGO
117	Polyline	Sinclinal grande porte	definido	5.1.1
17	Polyline	Sinclinal grande porte	definido	5.1.1
14	Polyline	Sinclinal com caimento indicado	definido	5.1.1
53	Polyline	Sinclinal	definido	5.1.1
105	Polyline	Sinclinal	definido	5.1.1
4	Polyline	Fratura	definido	2.1.1
33	Polyline	Fratura	definido	2.1.1
1	Polyline	Fratura	definido	2.1.1
138	Polyline	Falha suposta	definido	2.1.2
101	Polyline	Falha suposta	inferido	2.1.2
130	Polyline	Falha suposta	inferido	2.1.4
137	Polyline	Falha suposta	inferido	2.1.2
49	Polyline	Falha suposta	inferido	2.1.2
29	Polyline	Falha suposta	definido	2.1.2
31	Polyline	Falha suposta	inferido	2.1.2
10	Polyline	Falha definida	definido	2.1.1
11	Polyline	Falha de empurrão inferida	inferida	2.8.2
13	Polyline	Falha de empurrão definida	definido	2.8.1

Figura 5. Tabela de Atributos da classe “Estruturas_e_Contatos” em ArcGIS.

4.2.2 Teste do método de simbolização automatizada de dados geológicos

O modelo de mapeamento geológico *ESRI Geologic Mapping Template* foi construído sistematizar e automatizar a execução da simbolização de projetos de mapeamento geológico, usando a simbologia de referência da FGDC. O conteúdo do modelo de mapeamento geológico da *ESRI Geologic Mapping Template* foi testado na simbolização de dados geológicos no banco de dados deste projeto.

Devido ao elevado nível de detalhe do modelo *ESRI Geologic Mapping Template* para sistematizar a simbolização através da *Geólogo 24K*, o mesmo foi testado para simbolizar os dados das classes “Afloramentos” e “Estruturas_e_Contatos” deste projeto.

A organização da informação nas tabelas de atributos das classes foi determinante para a utilização da tabela de referência da FGDC neste projeto. Os dados geológicos de qualquer projeto podem ser simbolizados de forma sistematizada com o uso da tabela de referência, no entanto para a sua eficácia, os dados originais do projeto devem estar agrupados no mesmo padrão das classes de dados da tabela.

As classes de dados dentro do banco de dados *ESRI. Geology* são usadas para executar a simbolização automatizada através do uso do número de referência na tabela da FGDC e as regras de representação das classes de dados. A estruturação do agrupamento das classes no padrão da FGDC difere do padrão usado no modelo de banco de dados deste trabalho. Enquanto o modelo usado no *Projeto Serra Dourada 1974* agrupa vários tipos de dados em superclasses, o modelo de classificação da FGDC agrupa os dados geológicos em subclasses com códigos diferentes.

No padrão da FGDC, e no catálogo de símbolos da *Geology 24K*, as subclasses de dados como *Contacts* (Contatos), *Faults* (Falhas), *Folds* (Dobras), e *Joints and Lineaments* (Juntas e Lineamentos), são equivalentes à superclasse “Estruturas e Contatos”. Dentro do modelo de banco de dados geológicos do modelo da ESRI, as subclasses *Bedding* (Camadas), *Cleavage* (Clivagem), *Foliation* (Foliação), e *Lineation* (Lineação), são equivalentes à superclasse “Afloramentos e Acamamentos” no modelo usado neste projeto.

Houve uma tentativa de traduzir o conteúdo do banco de dados do modelo “ESRI_Geology.gdb”, de inglês para Português, buscando facilitar o uso do modelo do *ESRI*

Geologic Mapping Template, no entanto após algumas tentativas, esta idéia mostrou-se inadequada. A arquitetura do modelo foi construída para relacionar os campos das tabelas das classes de representação por nomes e os utiliza na executar operações. Sendo assim, optou-se em fazer uma adaptação através da inserção de campos idênticos nas tabelas das classes do projeto. A ferramenta “Field Calculador” foi usada para usar os dados do campo original em português e nos campos equivalentes do modelo em inglês.

As partes três (3), quatro (4), e cinco (5) apresentaram erros de execução e alguns dados do projeto original não puderam ser processados pela caixa de ferramentas da ESRI. A rotação dos “labels” usando o *Maplex* de forma sistematizada, através das ferramentas na parte seis (6), não gerou os resultados esperados, como descritos nas instruções do modelo. Existem alguns cálculos efetuados durante a etapa para obter o ângulo de rotação de símbolos e rótulos, o que pareceu ser a causado o erro. O modelo ESRI *Geologic Mapping Template* foi criado para ArcMap 9.3 e nas versões seguintes o método de rotação do Maplex já possui o tipo geográfico.

Depois de três (3) tentativas de execução do método utilizando os dados do *Projeto Serra Dourada 1974*, conclui-se que devido ao fato do modelo de banco de dados do projeto diferir do modelo do banco de dados do método da ESRI, o processamento dos usando as ferramentas do método apresentaram muitos erros de execução, tornando inviável a simbolização automatizada dos dados do projeto. No entanto, a utilização da tabela da FGDC foi mantida como estilo referencia padrão para simbolização de dados geológicos no banco de dados deste projeto.

4.4 Orientação de símbolos

O mecanismo *Maplex*, baixado do website da ESRI, foi anexado à lista de estilos de referências “Reference Style”. O mecanismo exerce a função de girar os símbolos e posicionar as etiquetas “labels” na orientação adequada. Essa função é importante na simbolização de dados geológicos, principalmente de classes de dados como acamamento, xistosidade, e foliação, junto ao símbolo. O Maplex foi usado neste projeto para orientar a direção dos símbolos de afloramentos, e afixar o valor do mergulho das camadas horizontalmente junto aos símbolos dos afloramentos (**Fig. 6**).

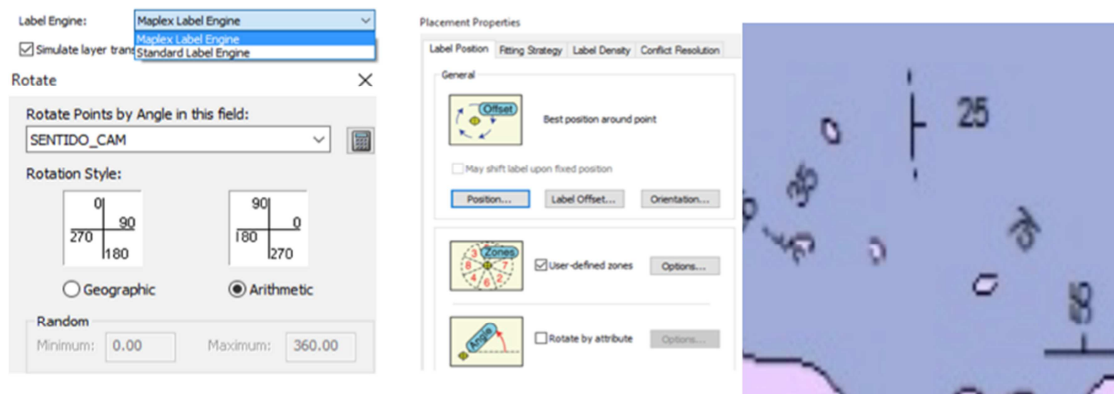


Figura 6. Utilização do *Maplex* para a rotação de símbolos e *labels* no mapa.

5. RESULTADOS

5.1 Modelo de banco de dados para mapeamento geológico

Tendo em vista atingir os objetivos estabelecidos, a modelagem do banco de dados deste trabalho foi executado dentro do padrão de mapeamento geológico adotado na disciplina de ICDT (Introdução a Cartografia Digital Temática).

Analisando os arquivos vetoriais disponíveis dos projetos realizados pela UnB (Universidade de Brasília), e alguns projetos de mapeamento geológico gerado por alunos da disciplina ICDT (Introdução a Cartografia Digital Temática), pôde-se constatar que os projetos em ambas as bases de dados analisadas, adotam um padrão de organização de dados semelhante.

Baseando-se na base de dados analisada, os presentes trabalhos propõem a estruturação da informação nos campos das “Tabelas de Atributo” no modelo de banco de dados geológicos, proposto no presente trabalho, foi baseado nos critérios de agrupamentos de dados para mapeamentos geológicos em classes principais: **Estruturas e Contatos, Afloramentos, e Litotipos.**

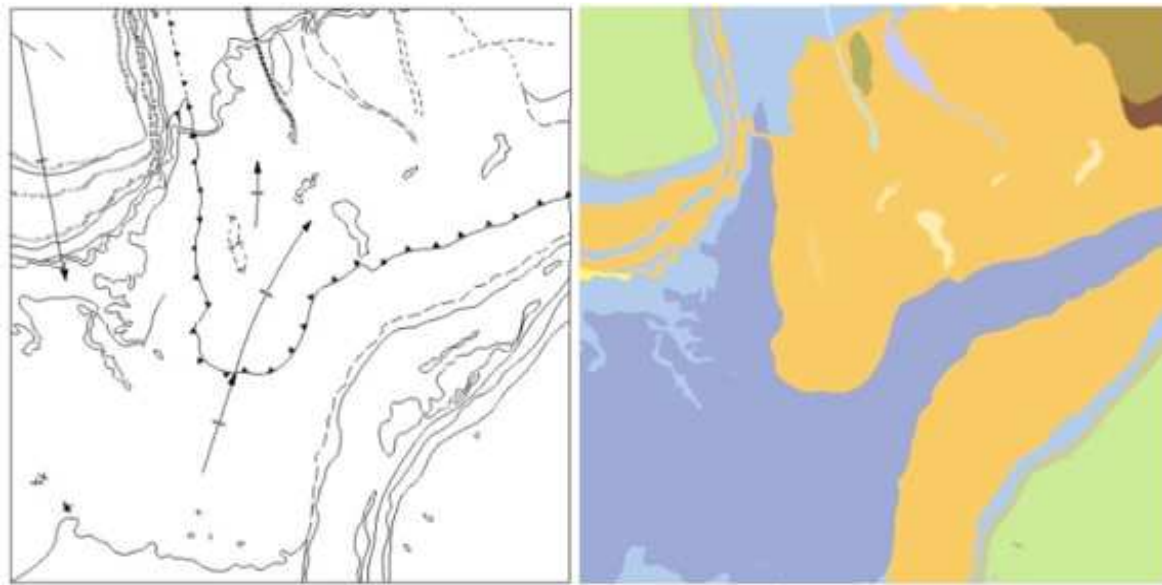
O projeto de mapeamento geológico *SerraDourada_SerradaMesa1974.mxd* foi armazenado dentro do modelo de banco de dados “Geologia”. O modelo de banco foi gerado em *ArcCatalog*, e armazena todos os arquivos do projeto. As classes de atributos geológicos gerados do projeto foram a “Afloramentos”, “Estruturas_e_Contatos”, “Litotipos”, e “Litotipos”. O anexo I traz a tabela da FGDC (Federal Geographic Digital Committee) adicionada ao banco de dados.

5.2 Mapa Geológico digitalizado *Projeto Serra Dourada - Folha Serra da Mesa 1974*

Os arquivos vetoriais gerados pela digitalização do mapa do *TF- Serra Dourada 1974* foram “Afloramentos”, “Estruturas_e_Contatos”, e “serradourada_litotipos”. Os dados das classes de dados foram usados para a geração da versão digital do mapa geológico Projeto Serra Dourada – Folha Serra da Mesa 1974 (**Fig.7 A e C**). O projeto finalizado foi salvo em formato.mdb.

Os padrões de cartografia digital temática e simbolização das bibliotecas de estilos da CPRM e da ESRI foram usados como referencia na simbolização dos dados do projeto, e na montagem do mapa final com as ornamentações de grade, legenda e convenções, indicação do norte geográfico, barra de escala, encarte com localização da área mapeada, e caixas de texto contendo informação sobre a fonte de dados do mapa e autores.

O presente trabalho não pôde realizar a adaptação do formato de simbolização automatizada com as ferramentas do *ESRI Geologic Mapping Template*, para uso em mapeamentos da disciplina ICDDT, tendo em vista a complexidade da arquitetura interna do método. A estrutura do banco de dados geológicos do método da ESRI difere-se do modelo proposto no presente trabalho, e os erros de execução do método o tornam inviável o uso do mesmo como método de simbolização de forma automatizada nos projetos de mapeamento geológico no Instituto de geociências. No entanto, a versão da tabela da tabela FGDC (Federal Geographic Committee) como referencia foi incluída no modelo de banco proposto para simbolizar os dados geológicos do projeto. O anexo I traz a tabela do comitê internacional FGDC (Federal Geographic Digital Committee).



A

B

Figuras 7 **A.** Arquivo das estruturas e contatos, simbolizados, **B.** Arquivo dos polígonos gerados para as unidades geológicas com classificação cronológica, e **C.** Pontos de afloramentos e acamamentos de rochas simbolizados.

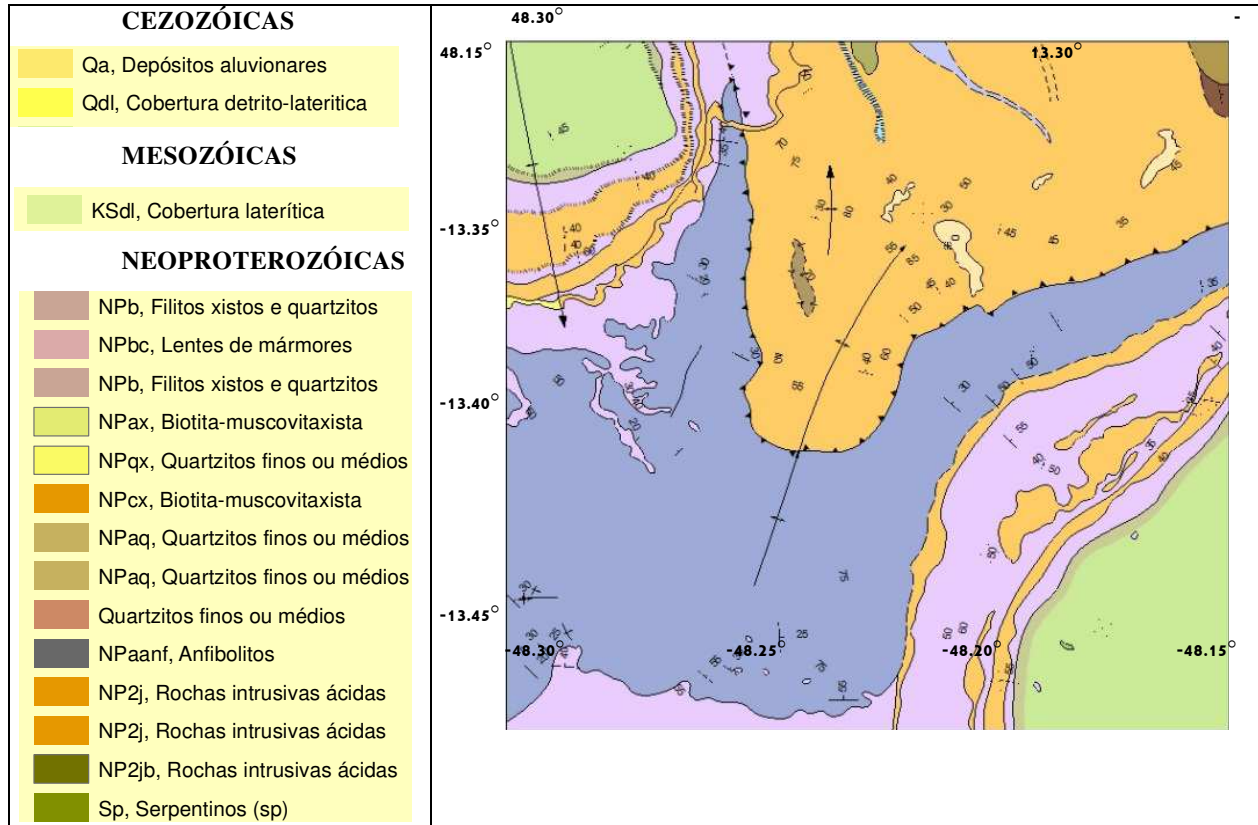


C

Figura 8. Abaixo mostra o Mapa cartográfico do *Projeto Serra Dourada* 1974 gerado em ArcGIS.

MAPA GEOLÓGICO TF- SERRA DOURADA 1974

1:50,000



Projecao Universal Transverse de Mercador

Datum Horizontal SAD 69

Convenções

	Borda do mapa
	Contato definido
	Contato de transição
	Contato aproximado
	Contato inferido
	Falha indiscriminada
	Fratura
	Falha suposta
	Falha de empurrão definida
	Falha de empurrão inferida
	Lineamento
	Anticinal com caimento indicado
	Anticinal de grande porte
	Sinclinal

	Foliação c/ valor medido
	Foliação s/ valor medido
	Pegmatito
	Atitude de camada indicada
	Camada horizontal
	Camada inclinada
	Foliação om medição
	Lineação e xistosidade com medição
	Xistosidade com medição
	Xistosidade sem medição

0 250 500 1.000 Km



Departamento de Geociências
Universidade de Brasília
1974

Folha Serra da Mesa
SD-22-X-D-IV

5.3 Protocolo de trabalho para digitalização de mapa geológico em SIG

A metodologia executada para digitalização de mapa geológicos em ArcGIS para as etapas de geração, edição e simbolização de dados geológicos do mapa histórico *Projeto Serra Dourada 1974*, em SIG (Sistema de Informação Geográfica), resultou na geração de um protocolo de trabalho aplicado aos projetos das disciplinas de mapeamento geológico do IG (Instituto de Geociências da UnB (Universidade de Brasília)).

Através do processamento dos dados, o presente trabalho organizou a realização das etapas citadas na metodologia. O **anexo II** traz o protocolo de digitalização de mapa geológico, dividindo o processo em 8 (oito) etapas, de acordo com a execução neste trabalho:

PARTE 1 - REVISÃO DOS DADOS

PARTE 2 - CONSTRUIR O BANCO DE DADOS GEOLÓGICOS

PARTE 3 - GEOREFERENCIAMENTO DA IMAGEM DE FUNDO

PARTE 4 - VETORIZAR OS DADOS DO MAPA GEOLÓGICO

PARTE 5- CORRIGIR ERROS DE TOPOLOGIA

PARTE 7- EDIÇÃO DOS DADOS NA TABELA

PARTE 8: CRIAR O LAYOUT DO MAPA COM CONVENÇÕES LEGENDA.

6. CONCLUSÃO

A digitalização do mapa histórico *Projeto Serra Dourada 1974* em formato analógico foi o método escolhido, em caráter de teste, com o objetivo de obter um protocolo de trabalho para a geração e processamento de dados geológicos em SIG com foco nas disciplinas de mapeamentos geológicos do Instituto de Geociências, na Universidade de Brasília. Conclui-se que o modelo de banco de dados geológicos usado neste trabalho, demonstrou-se adequado ao padrão do banco de dados padronizado BDGEO, ainda em desenvolvimento para o Instituto de Geociências. Acredita-se que o presente trabalho pode ser usado por alunos como modelo de para futuros projetos na disciplina. O modelo de banco de dados geológicos foi elaborado para servir como um padrão de banco de dados para uso em projetos de mapeamento geológico. Conclui-se ainda que o modelo proposto neste projeto representa um modelo simplificado de um banco de dados geológicos, tendo em vista que a Geologia tem várias outras classes de dados além das classes principais “contatos e estruturas”, “afloramentos e acamamentos”, e “unidades geológicas”, conforme visto neste projeto.

Conclui-se que o processamento dos dados para a obtenção do mapa final do projeto reflete a importância do nível de organização do banco de dados, a fim de atender aos padrões de cartografia digital temática aplicada a mapeamentos geológicos. O teste do modelo de mapeamento geológico da ESRI com os dados do projeto digitalizado, *Serra Dourada 1974*, obtiveram resultados que demonstram a viabilidade do uso da tabela de referência da FGDC com o objetivo de sistematizar a simbolização de dados geológicos em ArcGIS. A execução do processamento, através da caixa de ferramentas “GMT_tools”, em algumas etapas do modelo mostrou-se ineficaz para os dados do projeto, no entanto a utilização dos códigos de referência da tabela viabilizam o aprimoramento do método de organização e simbolização de dados geológicos utilizando o catálogo da ESRI, o *Geology 24 K*, como padrão a ser adotado na disciplina ICDT (Introdução à Cartografia Digital Temática).

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CIPULLO, Rodrigo Ávila. Nova proposta tecnológica de aquisição e armazenamento da informação geológica. 2012. ix, 64 f., il. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas)—Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

FRODEMAN, R. 2010. O raciocínio geológico: a geologia como uma ciência interpretativa e histórica. *Terræ didática*, 6(2):85-99.

ESRI (Environmental Systems Research Institute). What is ArcGIS? ESRI Software 9.3 Library. 2008. 130p. Disponível em: http://ngmdb.usgs.gov/fgdc_gds/geolsymstd.php. Acesso em: outubro/2015.

FEDERAL Geographic Data Committee [prepared for the Federal Geographic Data Committee by the U.S. Geological Survey], 2006, FGDC Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization: Reston, Va., Federal Geographic Data Committee Document Number FGDCSTD-013-2006, 290 p., 2 plates. Disponível em: http://ngmdb.usgs.gov/fgdc_gds/geolsymstd.php. Acesso em: abril/2015.

ESRI. “Digital Mapping Techniques ‘09—Workshop Proceedings” U.S. Geological Survey Open-File Report 2010–1335 <http://pubs.usgs.gov/of/2010/1335/>”. Disponível em: <http://www.esri/support.com>. Acesso em: outubro/2015.

USGS (United States Geological Survey). National Geologic Database. Disponível em: http://ngmdb.usgs.gov/ngmdb/ngmdb_home.html. Acesso em: abril/2015.

MARTINELLI, M. Mapas Geográfico e Cartografia Temática. São Paulo: Contexto, 2003b, pg, 15-17. Disponível em:

<http://csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/apostilacartografiatematicafredericovale.pdf> .
Acesso em: outubro/2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Geologia. Rio de Janeiro: IBGE, 1998, 120p. IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. Bauxita. Disponível em: [http://www.ibram.org.br/003/00318009 .asp?](http://www.ibram.org.br/003/00318009.asp) Acesso em: outubro/2015

CPRM 2005. “Levantamentos Geológicos Sistemáticos e Cartografia Geológica Regional”. (Relatório Administrativo 2005). Disponível em: <[http://www.ibram.org.br/003/00318009 .asp?](http://www.ibram.org.br/003/00318009.asp)> Acesso em: setembro/2015.

Meneses, P. R., De Almeida, Tati. *Introdução ao Processamento de Imagens e Sensoriamento Remoto*. Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.br/web/guest/livro-eletronico>. Acesso em: abril/2015.

INPE (Instituto de Pesquisas e Estatística). “Estrutura de Dados Vetoriais”. Disponível em: <[http:// www.dpi.inpe.br](http://www.dpi.inpe.br)>. Acesso em: setembro/2015.

ANEXO I

TABELA FGDC

VERSÃO SIMPLIFICADA - TRADUZIDA

TABELA TRADUZIDA FGDC –VERSÃO SIMPLIFICADA

Adaptação da tabela de referencia para simbolização FGDC (Federal Geographic Data Committee).

Versão original encontrada em ESRI Geologic Mapping Template 2009.

FGDC_CODIGO	FGDC_DESC	FGDC_CODIGO	FGDC_DESC
1.1.1	Contato definido	2.9.5	Falha de empurrão - zona de cisalhamento inferida
1.1.3	Contato aproximado	2.9.7	Falha de empurrão - zona de cisalhamento encoberta
1.1.5	Contato inferido	2.10.1	Falha desligamento indiscriminada definida
1.1.7	Contato encoberto	2.10.3	Falha desligamento indiscriminada de aproximado
1.1.17	Contato de transição definido	2.10.5	Falha desligamento indiscriminada de inferida
1.1.19	Contato de transição aproximado	2.10.7	Falha desligamento indiscriminada de encoberta
1.1.21	Contato de transição inferida	2.10.33	Falha listrica de identidade e existência certo
1.1.23	Contato de transição encoberta	2.10.35	Falha listrica aproximado
1.1.25	Contato não-conforme definido	2.10.37	Falha listrica inferida
1.1.27	Contato não-conforme aproximado	2.10.38	Falha listrica encoberta
1.1.29	Contato não-conforme inferida	2.10.39	Falha listrica questionável encoberta
1.1.31	Contato não-conforme encoberta	2.11.8	Falha inclinada indiscriminada
1.1.33	Escarpa de incisão sedimentar contato	2.11.10	Falha vertical ou quase vertical indiscriminada
1.1.35	Escarpa de incisão sedimentar contato aproximado	2.11.14	Deslocamento em falha
1.3.1	Dique definido	2.11.16	Falha normal em perfil geológico
1.3.15	Dique aproximado	2.11.17	Falha reversa em perfil geológico
2.1.1	Falha indiscriminada definida	2.12.1	Escarpa de falha definida
2.1.3	Falha indiscriminada aproximada	2.14.1	Zona de cisalhamento dúctil
2.1.5	Falha indiscriminada inferida	3.1.7	localizado pela pesquisa eletromagnética
2.1.7	Falha indiscriminada encoberta	3.1.8	Boundary localizado por levantamento de resistividade
2.2.1	Falha normal definida	3.1.9	Boundary localizado por levantamento magnetotélúrico
2.2.3	Falha indiscriminada aproximada	3.2.1	Falha localizada a pelo levantamento aeromagnético
2.2.5	Falha normal inferida	3.2.2	Falha localizada a pelo exame magnético chão
2.2.7	Falha normal encoberta	3.2.3	Falha localizada a pesquisa por gravidade
2.4.1	Falha inversa definida	3.2.4	Falha localizada a pelo levantamento radiométrico
2.4.3	Falha inversa aproximado	3.2.5	Falha localizada por levantamento sísmica
2.4.5	Falha inversa inferida	3.2.6	Falha localizada por polarização induzida
2.4.7	Falha inversa encoberta	3.2.7	Falha localizada a pelo levantamento eletromagnético
2.5.1	Falha rotacional reversa	3.2.8	Falha localizada a pelo levantamento de resistividade
2.5.3	Falha rotacional reversa aproximado	3.2.9	Falha localizada a pelo levantamento magnetotélúrico
2.5.5	Falha rotacional reversa inferida	4.1.1	Lineamento
2.5.7	Falha rotacional reversa encoberta	4.1.2	Lineamento com nome
2.6.1	Falha transcorrente dextral	4.2.1	Junta definida
2.6.3	Falha transcorrente dextral aproximado	4.2.2	Junta aproximada
2.6.5	Falha transcorrente dextral inferida	4.2.3	Junta Inclinado
2.6.7	Falha transcorrente dextral encoberta	4.2.5	Junta vertical or subvertical
2.6.9	Falha transcorrente sinistral	5.1.1	Anticlinal
2.6.11	Falha transcorrente sinistral aproximado	5.1.3	Anticlinal aproximado
2.6.13	Falha transcorrente sinistral inferida	5.1.5	Anticlinal inferida
2.6.15	Falha transcorrente sinistral encoberta	5.1.7	Anticlinal encoberta
2.8.1	Falha de empurrão definida	5.2.1	Antiforme
2.8.3	Falha de empurrão aproximada	5.2.3	Antiforme aproximado
2.8.5	Falha de empurrão inferida	5.2.5	Antiforme inferida
2.8.7	Falha de empurrão encoberta	5.2.7	Antiforme encoberta
2.9.1	Falha de empurrão - zona de cisalhamento definida	5.3.17	Anticlinal invertido de identidade existência certo
2.9.3	Falha de empurrão - zona de cisalhamento aproximada		

5.3.35	Anticlinal invertido de identidade existência certo apro	7.9	Clivagem xistosa vertical contínua	Foliation	
5.3.37	Anticlinal invertido de identidade existência certo infe	8.1.1	Foliação horizontal	Foliation	
5.3.39	Anticlinal invertido de identidade existência certo enco	8.1.2	Foliação inclinada indiscriminada	Foliation	
5.5.1	Sinclinal	8.1.3	Foliação vertical indiscriminada	Foliation	
5.5.3	Sinclinal aproximado	8.1.4	Foliação inclinada indiscriminada com mergulho para a direita	Foliation	
5.5.5	Sinclinal inferido	8.1.5	Foliação inclinada indiscriminada com mergulho para a esquerda	Foliation	
5.5.7	Sinclinal encoberta	8.2.1	Rocha Ígnea Massiça	Foliation	
5.6.1	Sinforme	8.2.2	Foliação com faixas horizontais de fluxo laminação estratificação em	Foliation	
5.6.3	Sinforme aproximado	8.2.3	Foliação com faixas inclinadas de fluxo laminação estratificação em	Foliation	
5.6.5	Sinforme inferido	8.2.4	Foliação com faixas verticais de fluxo laminação estratificação em ro	Foliation	
5.6.7	Sinforme encoberta	8.2.8	Foliação deformada em rocha ígnea	Foliation	
5.7.17	Sinclinal girado	8.3.1	Foliação metamórfica horizontal	Foliation	
5.7.19	Sinclinal girado aproximado	8.3.2	Foliação metamórfica inclinada	Foliation	
5.7.21	Sinclinal girado inferido	8.3.3	Foliação metamórfica vertical	Foliation	
5.7.23	Sinclinal girado encoberta	8.3.14	Foliação metamórfica inclinada - deformada ou tectônica	Lineation	
5.8.15	Dobra Monoclinal	8.3.15	Foliação metamórfica vertical - deformada ou tectônica	Lineation	
5.8.17	Monoclinal aproximado	8.3.22	Foliação horizontal espaçada	Lineation	
5.8.19	Monoclinal inferido	8.3.24	Foliação vertical espaçada	Lineation	
5.8.21	Monoclinal encoberto	8.3.46	Foliação gnáissica horizontal	Lineation	
5.7.33	Anticlinal com flanco invertido definido	8.3.47	Foliação gnáissica inclinada	Lineation	
5.7.35	Anticlinal com flanco invertido aproximado	8.3.48	Foliação gnáissica vertical	Lineation	
5.7.37	Anticlinal com flanco invertido inferido	8.3.52	Foliação gnáissica ondulatória horizontal	Lineation	
5.10.5	Anticlinal em zona de cisalhamento	8.3.53	Camada gnáissica ondulatória inclinada	Lineation	
5.10.7	Sinclinal em zona de cisalhamento	8.3.54	Camada gnáissica ondulatória vertical	Lineation	
5.10.9	Dobra com flancos verticais	8.3.55	Foliação milonítica horizontal	Lineation	
6.1	Camada horizontal	8.3.56	Foliação milonítica inclinada	Lineation	
6.2	Camada inclinada com direção de mergulho e sentido i	8.3.57	Foliação milonítica vertical	PaleoFeatures	
6.3	Camada vertical	9.3	Lineação genérica sem especificação	PaleoFeatures	
6.4	Camada girada	9.24	Estrias na superfície (origem desconhecida ou não especificado)	PaleoFeatures	
6.5	Camada girada mais de 180 graus	9.31	Lineação de grãos alinhados em materiais sedimentares	PaleoFeatures	
6.6	Camada com direção de mergulho para a direita	9.33	Lineação de grãos alinhados em rochas ígneas	PaleoFeatures	
6.7	Camada com direção de mergulho para a esquerda	9.37	Lineação inclinada de minerais alinhados	PaleoFeatures	
6.25	Camada com ondulação ou contorcido - sentido e merg	9.39	Lineação horizontal de minerais alinhados	PaleoFeatures	
6.26	Camada vertical ou quase vertical ondulado ou contorc	9.41	Lineação inclinada de minerais agregados	PaleoFeatures	
6.27	Camada horizontal com estratificação de textura gradu	9.42	Lineação inclinada de minerais agregados	PaleoFeatures	
6.28	Camada vertical com estratificação de textura graduad	9.43	Lineação horizontal de minerais agregados	PaleoFeatures	
6.3	Camada inclinada sob rochas com estratificação cruza	9.45	Lineação deformada de minerais alinhados	PaleoFeatures	
6.31	Camada vertical sob rochas com estratificação cruzad	9.133	Lineação crenulada inclinada	PaleoFeatures	
6.32	Camada virada sob rochas com estratificação cruzada	9.135	Lineação crenulada horizontal	PaleoFeatures	
7.1	Clivagem horizontal (genérica ou tipo não especificado)	10.2.1	Macrofósseis	PaleoFeatures	
7.2	Clivagem Inclinada (genérica ou tipo não especificado)	10.2.2	Invertebrados	PaleoFeatures	
7.3	Clivagem vertical (genérico ou tipo não especificado)	10.2.3	Anelídeos	PaleoFeatures	
7.4	Clivagem com mergulho de camada Inclinada para a es	10.2.4	Artrópodes	PaleoFeatures	
7.5	Clivagem com mergulho de camada Inclinada para a es	10.2.5	Aracnídeos	PaleoFeatures	
7.6	Clivagem Vertical (genérico ou tipo não especificado)	10.2.6	Crustáceos	PaleoFeatures	
7.7	Clivagem xistosa horizontal contínua	10.2.7	Insetos	PaleoFeatures	
7.8	Clivagem xistosa inclinada contínua	10.2.8	Trilobites	PaleoFeatures	

ANEXO II

PROTOCOLO DE TRABALHO PARA DIGITALIZAÇÃO

DE MAPA

GEOLÓGICO

PARTE 1. REVISÃO DOS DADOS

1. A análise detalhada do mapa a ser digitalizado ajuda o autor a entender melhor o projeto e identificar os métodos a serem seguidos para a digitalização do mesmo. Revisar a qualidade da cartografia antes de iniciar ajuda o restante do processo e a executar as correções.
2. Etapa 1: Verificar a localização geográfica da área de trabalho e carta topográfica
Escala do mapa.
Data de confecção do mapa e fonte de dados.
Carta topográfica.
Folha topográfica.
Coordenadas geográficas da borda da carta para georeferenciamento.
3. Etapa 2: Analisar a fonte de dados ou conteúdo do mapa a ser digitalizado
Classes de componentes (principais e secundários) geológicos.
Descrição das classes de atributos geológicos na legenda.
Condição da simbolização e nomenclatura usada em relação ao padrão atual.
4. Etapa 3: Organizar os dados do projeto
Organizar dados de interesse para a vetorização em entidades de classes características.
Definir escala de trabalho.
Avaliar a visibilidade dos atributos a serem vetorizados em mapa base.
Comparar a simbolização e nomenclatura usada no mapa com as normas atuais. Ex. nomes das unidades geológicas.
Escolha os atributos a serem inseridos no banco de dados geológico.
Organize os atributos em classes características da Geologia.

PARTE 2. CONSTRUIR O BANCO DE DADOS GEOLÓGICOS

Em ArcCatalog

5. Etapa 1: Criar o banco de dados “Personal Geodatabase”. Importar ou copiar o modelo do banco de dados geológicos Geologia_Modelo.
6. Etapa 2: Criar um “Feature Dataset” com o nome do projeto e o sistema de coordenadas geográficas da área de estudo ou usada na coleta dos dados.
7. Etapa 3: Criar as principais classes geológicas “Feature Classes” características do tipo linha “Estruturas_e_Contatos”, e dos tipos ponto “Afloramentos” e “Siglas_lito”.
 - 1.1.1. A classe “Estruturas_e_Contatos” ou “Estruturas e Contatos” abriga os atributos do tipo “linha” como dobras, falhas, dique, lineamento, juntas e bordas.
 - 1.1.2. A classe “Afloramentos” abriga os atributos do tipo “ponto” como camadas de rochas, feições sedimentares, lineação, foliação e clivagem. Os principais campos são o tipo de afloramento, medição do valor mergulho e sentido da camada.
 - 1.1.3. A classe “Siglas_lito” carrega a nomenclatura e descrição das unidades geológicas do mapa. Os principais campos são a sigla da unidade, idade geológica, tipo de rocha e descrição da mineralogia.
8. Escolher o tipo de representação vetorial de cada classe.
9. Etapa 5: Criar uma classe topologia para a classe “Estrutura_e_Contatos”. Selecione as 8 (oito) regras possíveis.

PARTE 3 – GEOREFERENCIAMENTO DA IMAGEM DE FUNDO

Em ArcMap

10. Etapa 1: Carregar a imagem.
11. Etapa 2: Habilitar a barra de ferramentas “Georreferenciamento” e inserir os pontos de controle no mapa. Caso esteja digitalizando um mapa histórico é importante usar o grid ou coordenadas na borda do mapa como pontos de controle.
12. Etapa 3: Após inserir pelo menos 4 pontos de controle bem distribuídos no mapa, use o botão
13. “Rectify” para salvar o georeferenciamento da imagem.

PARTE 4 - VETORIZAR OS DADOS DO MAPA GEOLÓGICO

ArcMap – Módulo de edição

14. Etapa 1: Vetorizar manualmente as linhas na classe “Estruturas_e_Contatos”. Essa classe inclui também as bordas do mapa.
15. Etapa 2: Vetorizar pontos na classe “Afloramento” e/ou “Acamamentos”.
16. Etapa 3: Vetorizar os pontos na classe “Siglas_Lito” para as unidades geológicas.

PARTE 5 - CORRIGIR ERROS DE TOPOLOGIA

Em ArcMap - Módulo Edição

17. Etapa 1: Gerar o arquivo de topologia para corrigir erros de topologia nas linhas vetorizadas. Carregue e valide o arquivo de “Topology” criado anteriormente no banco de dados do projeto. Habilite barra de ferramentas “Topology” e coloque em edição para corrigir os erros. Corrija todos os erros usando os recursos de edição (split, merge, edit vertices, snap, explode, extend), analise erro por erro de acordo com a topologia original do mapa.
18. Etapa 2: Gerar polígonos
Após a correção dos erros de topologia utilize a ferramenta “Feature to Polygon” para gerar os polígonos correspondentes às unidades geológicas do mapa. Selecione a classe “Siglas_lito” para a simbolização “label” na caixa de diálogo da ferramenta.
19. Todas as linhas vetorizadas necessitam ter “nós” de início e fim os quais se fecham e formando áreas. Se a área mapeada não estiver toda coberta por polígonos fechados significa que existem erros topológicos a ser corrigidos.

PARTE 6 - EDIÇÃO DOS DADOS NA TABELA

Em ArcMap - Módulo Edição

20. Etapa 1: Preencher todos os campos da tabela analisando individualmente cada atributo. Use o “Field Calculator” para facilitar o preenchimento de campos idênticos da tabela. Edite cuidadosamente os dados a serem utilizados como “labels” ou “legenda” pois serão usados como a legenda no layout do mapa.
21. Etapa 2: Utilize a tabela de simbolização da FGDC como referência para diferenciar os atributos com características semelhantes de cada classe.
22. Etapa 3: Insira informações nos campos sobre o projeto como a escala, base cartográfica, fonte de dados, datum, nome do projeto, etc.

23. Etapa 4: Insira os códigos de simbolização com referência na tabela FGDC para cada tipo de atributo. Use o “Field Calculator” ou “Summary” de valores únicos de atributos, ou efetue manualmente para cada atributo.
24. Etapa 5: Abra a tabela de referência FGDC (ANEXO III) e insira o número de referência da tabela para cada tipo de atributo.
25. Etapa 6: Execute o modelo Esri GeologicMappingTemplate para efetuar a simbolização com as ferramentas do modelo, ou pule Etapa 6 e prossiga para Etapa 7 e efetue a simbolização de forma convencional.
26. Para usar de maneira eficiente o modelo da ESRI revise o conteúdo do modelo.
27. Abra os arquivos e observe as tabelas de atributos das classes do Esri.Geology.gdb, e as do exemplo do MountBaker.
28. Verifique os passos do modelo e note quais campos de dados são usados em cada etapa.
29. Faça uma equivalência das tabelas do seu dado original com as usadas no modelo fazendo a tradução das mesmas se necessário.
30. Após determinar os campos de equivalência, use o “Add Field” para adicionar os campos do modelo equivalentes ao seu dado original. Note o tipo do campo: “text”, “float” ou “short” por exemplo.
31. Use o “Field Calculator” para equalizar os dados dos campos. Por exemplo, Azimuth/Strike = Sentido_Camada.
32. Após estudar o modelo e organizar os dados a execute com atenção as etapas.

PARTE 7 - SIMBOLIZAÇÃO

Em ArcMap

33. Etapa 1: Execute o download dos arquivos *ESRI_GeologicMappingTemplate*, e o arquivo **“Bibliotecas de Fontes”** no *Geobank* da CPRM. Estes arquivos carregam o estilo de simbolização adequada para as classes do mapa.
34. Etapa 2: No “Style Manager” adicione os arquivos o “Biblioteca de Fontes e Styles” da CPRM, e o “GeologyTemplate_Style” da pasta *ESRI_GeologicMappingTemplate* para a lista de estilos. Nas propriedades da classe, em “Symbology”, os ative através da janela “Symbol Selector” em “Style References”. Ative também o estilo “Geology 24K”.
35. Etapa 3: Para simbolizar os polígonos da classe “Litos” com as unidades geológicas, abra a “Symbology” da classe, utilize a categoria “Unique Values “ com valores dos campos “Sigla” da unidade e “Legenda”. Utilize os estilos de referência da CPRM para selecionar cores aos litotipos do mapa de acordo com o estilo usado no território brasileiro.
36. Etapa 4: Para simbolizar as outras classes de dados do mapa abra a propriedade “Symbology”. Escolha a categorias por um único ou mais valores únicos “Unique Values”. Use o estilo de referência “Geology 24K”. Se houver adicionado o campo com o número de referência FGDC, somente os símbolos referentes a classe de dados estarão no display para sua escolha.
37. Etapa 5: Alguns símbolos precisam ser editados como por exemplo os anticlinais e sinclinais. A seta de direção do sentido pode ser inserida com a adição de mais uma camada ao símbolo.
38. Etapa 6: Colocação de etiquetas ou “labels”.
39. Em “Data Frame Properties” selecione o *Maplex* para simbolização de *labels*.
40. Abra as opções de “Labels placement” e escolha a posição e rotação desejada.

Normalmente essa ferramenta é usada para inserir os valores de mergulho das camadas junto aos símbolos de sentido da camada. Para isso escolha o campo “SentidoCamada” como valor de rotação do “MergulhoCamada”.

PARTE 8: CRIAR O LAYOUT DO MAPA COM CONVENÇÕES LEGENDA.

ArcMap – Data Frame

41. Inserir a ornamentação padrão para mapas geológicos:

1. Unidades cronológicas
2. Legenda de símbolos
3. Tipo de projeção
4. Fonte do mapa
6. Seta de indicação do norte
7. Escala
8. Título
9. Grade
10. Datum

